

Kunststoff 3D-Druck: Effiziente Lösungen für moderne Fertigung



Sandra Schulnig & Marius Laux

25.02.2025



© FH Kärnten, ADMiRE Research Center





ADMIRE - specialized in **AD**ditive **M**anufacturing, intelligent **R**obotics and **E**ngineering

Team:

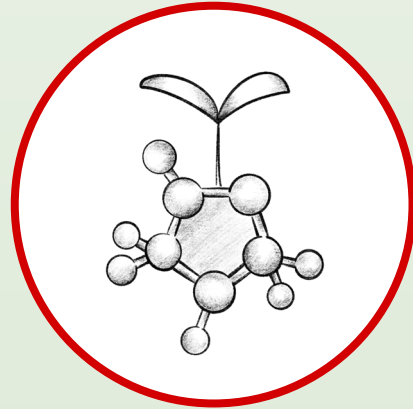
- 12 Mitarbeiter
 - Dissertanten
 - Junior & Senior Researcher
- assoziierte Professoren
- studentische Mitarbeiter (Studierendenprojekte, Bachelor- & Masterarbeiten)

Fokus:

- extrusionsbasierte Additive Fertigung
- Verbindung von Robotik & additiver Fertigung
- biobasierte & biologisch abbaubare und recycelte Materialien
- Wissensvermittlung

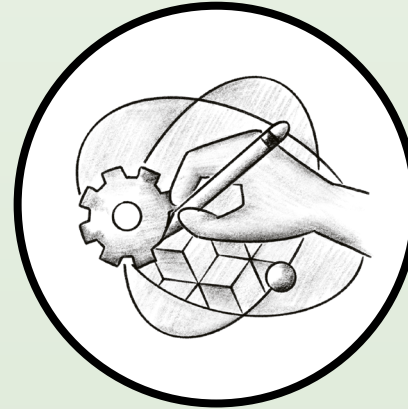
Material

innovative Materialien
Recycling & Wiederverwendung
Auswahl & Prüfung



Design

Topologieoptimierung & generatives
Design
Pfadplanung
Prozesssimulation



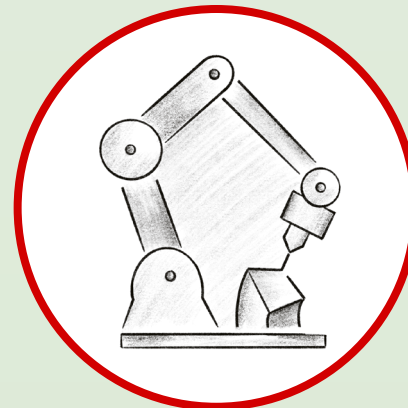
Anwendung

Nachhaltigkeit
Funktionalisierung
Modularisierung



Prozess

Optimierung & Qualifizierung
3D- & Multi-Achsen-Druck
Materialextusion mit Kunststoffen





Von – bis	Inhalte	Vortragende/r
13:00 – 14:00	Theoretischer Teil: <ul style="list-style-type: none">• Warum Additive Fertigung? Geschichte, Trends, Märkte und Beweggründe für die Einführung des 3D-Drucks• Einführung in den Kunststoff 3D-Druck: Materialien, Verfahren und jeweilige Vor-/Nachteile	Sandra Schulnig (Senior Researcher, ADMiRE Research Center, FH Kärnten)
14:00 – 14:20	Pause	
14:20 – 15:00	Praktischer Teil: <ul style="list-style-type: none">• Anschauungsbeispiele• Vorgehensweise direkt vor Ort• Wie setze ich Kunststoff 3D-Druck in meinem eigenen Betrieb um?	Marius Laux (Researcher, ADMiRE Research Center, FH Kärnten)

Inhalt



- Was ist Additive Fertigung und Schritte der Additiven Fertigung
- Geschichte und wirtschaftliche Betrachtung
- Typen von AM Verfahren mit Fokus auf Polymere / Kunststoffe

Additive Fertigung


→ Schichtweise Herstellung von Produkten durch Aufzügen von Material

- Hohe Designfreiheit - komplexe Geometrien
- Geringe Materialverschwendung - nur soviel Material wie benötigt
- Geeignet u.a. für die Herstellung von Prototypen und Kleinserien und personalisierten Gegenständen
- Leichtbaueigenschaften
- Integrierte Funktionalität



ADMIRE

Geschichte



1980: Erstes „Patent“ durch Kodama für „Rapid Prototyping“

1986: Erstes Industriepatent für SLA durch Hull

1988: 3D-Systeme verkauft; erstes Rapid Prototyping Drucker (SLA-1)

1995: Zcorp präsentiert 3D-Druck auf Basis des Tintenstrahl drucks (MIT-Patent)

1983: Hull erfindet erste SLA-Maschine








1987: Deckard reicht Patent für SLS ein - Übernahme von DTM - später Kauf durch 3D-Systeme

1989: Entwicklung des FDM-Verfahrens (Stratasys) / Gründung eos GmbH in Deutschland

ADMIRE

AM Verfahren im Überblick

Einteilung in 7 Familien nach ISO/ASTM 52900

1. Powder Bed Fusion (PBF)	2. Powder Bed Fusion (PBF)	3. Powder Bed Fusion (PBF)	4. Powder Bed Fusion (PBF)
 1. Powder Bed Fusion (PBF) - Laserstrahl - Pulver - Schmelze - Schmelze - Pulver - Schmelze	 2. Powder Bed Fusion (PBF) - Laserstrahl - Pulver - Schmelze - Pulver - Schmelze	 3. Powder Bed Fusion (PBF) - Laserstrahl - Pulver - Schmelze - Pulver - Schmelze	 4. Powder Bed Fusion (PBF) - Laserstrahl - Pulver - Schmelze - Pulver - Schmelze
 5. Powder Bed Fusion (PBF) - Laserstrahl - Pulver - Schmelze - Pulver - Schmelze	 6. Powder Bed Fusion (PBF) - Laserstrahl - Pulver - Schmelze - Pulver - Schmelze	 7. Powder Bed Fusion (PBF) - Laserstrahl - Pulver - Schmelze - Pulver - Schmelze	

ADMIRE

Inhalt



- Was ist Additive Fertigung und Schritte der Additiven Fertigung
- Geschichte und wirtschaftliche Betrachtung
- Typen von AM Verfahren mit Fokus auf Polymere / Kunststoffe

Additive Fertigung


→ Schichtweise Herstellung von Produkten durch Aufbringen von Material

- Hohe Designfreiheit - komplexe Geometrien
- Geringe Materialverschwendung - nur soviel Material wie benötigt
- Geeignet u.a. für die Herstellung von Prototypen und Kleinserien und personalisierten Gegenständen
- Leichtbaueigenschaften
- Integrierte Funktionalität



ADMIRE

Geschichte



1980: Erstes „Patent“ durch Kodama für „Rapid Prototyping“

1986: Erstes Industriepatent für SLA durch Hull

1988: 3D-Systeme verkauft, erstes Rapid Prototyping Drucker (SLA-1)

1995: Zcorp präsentiert 3D-Druck auf Basis des Tintenstrahl drucks (MIT-Patent)

1983: Hull erfindet erste SLA-Maschine









1987: Deckard reicht Patent für SLS ein - Übernahme von DTM - später Kauf durch 3D-Systeme

1989: Entwicklung des FDM-Verfahrens (Stratasys) / Gründung eos GmbH in Deutschland

ADMIRE

AM Verfahren im Überblick

Einteilung in 7 Familien nach ISO/ASTM 52900

 Powder Bed Fusion • Schichtweise Herstellung durch Laserstrahlung • Hohe Genauigkeit • Geeignet für Kleinserien und Prototypen	 Powder Bed Fusion • Schichtweise Herstellung durch Laserstrahlung • Hohe Genauigkeit • Geeignet für Kleinserien und Prototypen	 Powder Bed Fusion • Schichtweise Herstellung durch Laserstrahlung • Hohe Genauigkeit • Geeignet für Kleinserien und Prototypen	 Powder Bed Fusion • Schichtweise Herstellung durch Laserstrahlung • Hohe Genauigkeit • Geeignet für Kleinserien und Prototypen
 Direct Metal Laser Sintering • Schichtweise Herstellung durch Laserstrahlung • Hohe Genauigkeit • Geeignet für Kleinserien und Prototypen	 Direct Metal Laser Sintering • Schichtweise Herstellung durch Laserstrahlung • Hohe Genauigkeit • Geeignet für Kleinserien und Prototypen	 Direct Metal Laser Sintering • Schichtweise Herstellung durch Laserstrahlung • Hohe Genauigkeit • Geeignet für Kleinserien und Prototypen	 Direct Metal Laser Sintering • Schichtweise Herstellung durch Laserstrahlung • Hohe Genauigkeit • Geeignet für Kleinserien und Prototypen

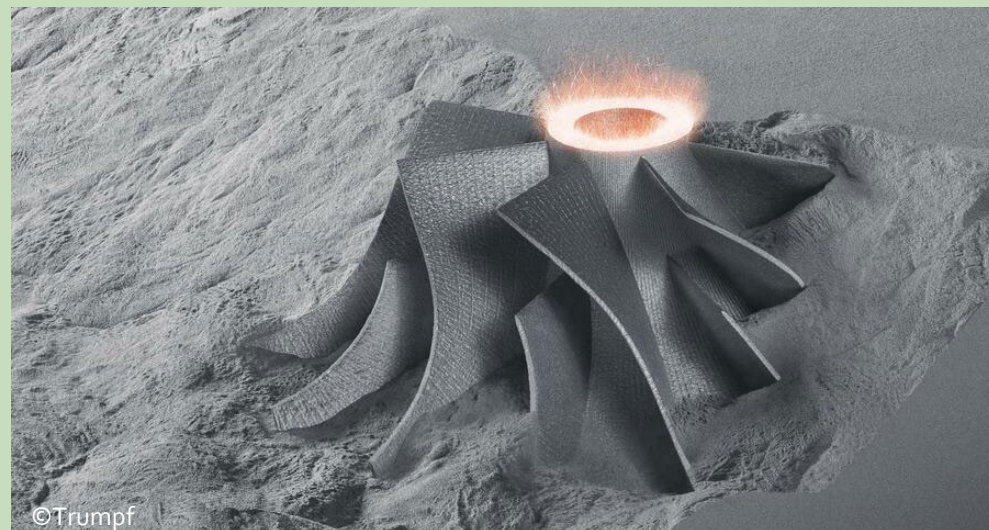
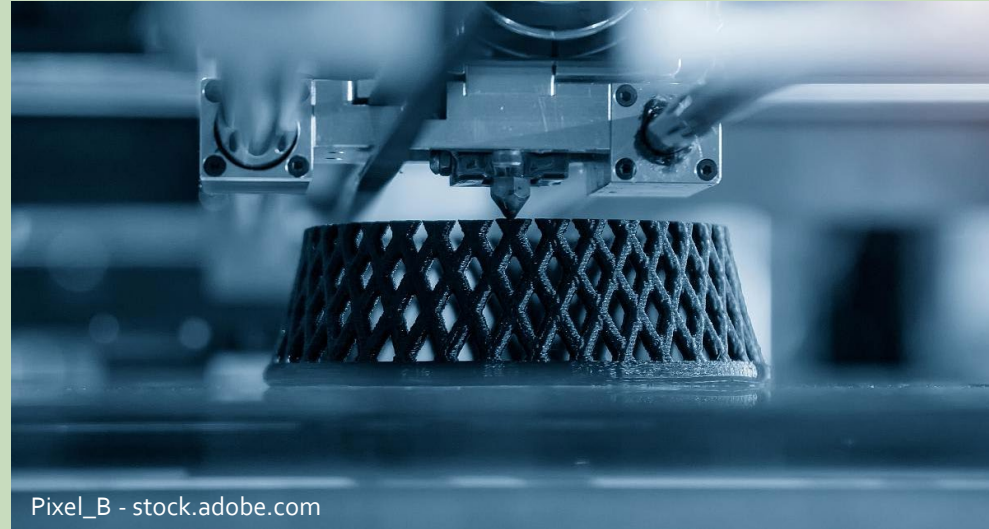
ADMIRE

Additive Fertigung



→ *Schichtweise Herstellung von Produkten durch Hinzufügen von Material*

- Hohe Designflexibilität - komplexe Geometrien
- Geringer Materialverschnitt - weniger Abfall
- Geeignet v.a. für die Herstellung von Prototypen und Kleinserien und personalisierten Gegenständen
- Leichtbauanwendungen
- Integrierte Funktionalität



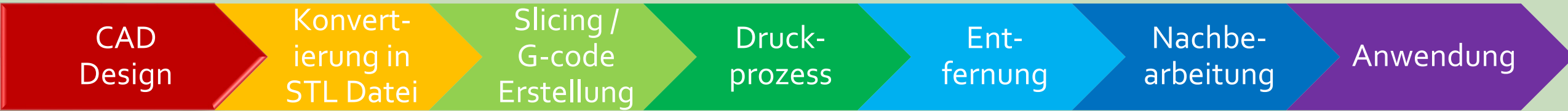


Prozesskette





Prozesskette



- Erstellung eines 3D-Modells
 - Konstruktion mit CAD (computer-aided design) Programm (→ **Material, Prozess und Anwendung verstehen → Design entwickeln, kein Kopieren!**)
 - 3D-Scan
- Formate
 - CAD-Formate wie STEP und IGES beinhalten zahlreiche Detail-Informationen, aber Slicer-Programme benötigen Meshformate
 - Meshformate erlauben direkten Druck (STL, OBJ/3mf, WRL/VRML und PLY)



Prozesskette



- STL-Dateien
 - „Stereolithografie“, „Standard Triangle Language“ oder „Standard Tessellation Language“
 - Von 3D Systems entwickelt
 - Standardmäßiger Dateityp zur Verwendung beim 3D-Druck
 - Tessellation ist das Verfahren zur Unterteilung der Oberfläche eines Teils in Dreiecke (zu geringe Auflösung → gekrümmte Oberflächen erscheinen facettenartig – auch am gedruckten Teil)



Prozesskette



- CAM (computer-aided manufacturing) Programm (Slicer) fügt Prozessparameter wie Drucktemperatur, Füllgrad, Druckgeschwindigkeit und stützende Strukturen zur STL Datei hinzu
- Zerlegung des Objekts unter Einflussnahme eingestellter Parameter in einzelne Schichten → Erzeugung eines G-Codes (Maschinencode für 3D-Drucker)
- Slicer-Programm muss mit 3D-Drucker kompatibel sein, um optimal zu funktionieren (oft wird Software kostenlos zum Drucker mitgeliefert)



Prozesskette



- Bauteil wird dreidimensional gedruckt
- Bei manchen Druckern kann man während des 3D-Drucks noch eingreifen und kleine Einstellungen vornehmen



Prozesskette



- Nach Fertigstellung kann das gedruckte Bauteil aus dem Druckraum entnommen werden
- Oftmals Wartezeit vor Entnahme
- Druckplattform sollte nicht beschädigt werden



Prozesskette



- Stützstrukturen entfernen
- Qualitätskontrolle
- Veredelung (Strahlen, Schleifen, Polieren, Einfärben, Lackieren, Beschichten, etc.)

Inhalt



- Was ist Additive Fertigung und Schritte der Additiven Fertigung
- Geschichte und wirtschaftliche Betrachtung
- Typen von AM Verfahren mit Fokus auf Polymere / Kunststoffe

Additive Fertigung


→ Schichtweise Herstellung von Produkten durch Aufzügen von Material

- Hohe Designfreiheit - komplexe Geometrien
- Geringe Materialverschwendung - nur soviel Material wie benötigt
- Geeignet u.a. für die Herstellung von Prototypen und Kleinserien und personalisierten Gegenständen
- Leichtbaueigenschaften
- Integrierte Funktionalität



ADMIRE

Geschichte



1980: Erstes „Patent“ durch Kodama für „Rapid Prototyping“

1986: Erstes Industriepatent für SLA durch Hull

1988: 3D-Systeme verkauft, erstes Rapid Prototyping Drucker (SLA-1)

1995: Zcorp präsentiert 3D-Druck auf Basis des Tintenstrahl drucks (MIT-Patent)

1983: Hull erfindet erste SLA-Maschine









1987: Deckard reicht Patent für SLS ein - Übernahme von DTM - später Kauf durch 3D-Systeme

1989: Entwicklung des FDM-Verfahrens (Stratasys) / Gründung eos GmbH in Deutschland

ADMIRE

AM Verfahren im Überblick

Einteilung in 7 Familien nach ISO/ASTM 52900

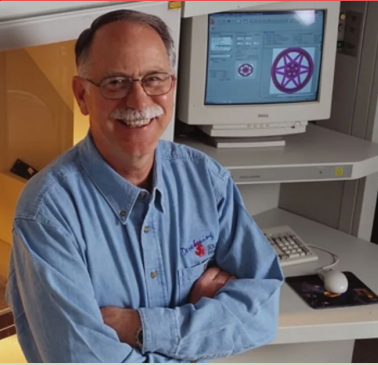
 Powder Bed Fusion • Schichtweise Herstellung von Metallteilen durch Laserstrahlung auf einem Pulverbett. • Beispiele: SLM, DMLS, SLS, EBM.	 Directed Energy Deposition • Schichtweise Herstellung von Metallteilen durch Laserstrahlung auf einem Pulverbett. • Beispiele: LENS, EB-PBF.	 Material Jetting • Schichtweise Herstellung von Kunststoffteilen durch Tropfenabgabe. • Beispiele: Inkjet, Multi Jet Fusion.	 Sheet Lamination • Schichtweise Herstellung von Kunststoffteilen durch Verleimen von Folien. • Beispiele: LAM, LAM-PP.
 Material Extrusion • Schichtweise Herstellung von Kunststoffteilen durch Extrusion von Material. • Beispiele: FDM, FFF.	 Material Jetting • Schichtweise Herstellung von Kunststoffteilen durch Tropfenabgabe. • Beispiele: Inkjet, Multi Jet Fusion.	 Powder Bed Fusion • Schichtweise Herstellung von Metallteilen durch Laserstrahlung auf einem Pulverbett. • Beispiele: SLM, DMLS, SLS, EBM.	 Directed Energy Deposition • Schichtweise Herstellung von Metallteilen durch Laserstrahlung auf einem Pulverbett. • Beispiele: LENS, EB-PBF.

ADMIRE

Geschichte



Gilt als „Erfinder des 3D-Drucks“, weil er sowohl SLA als auch das .stl-Format entwickelt und kommerzialisiert hat



1986
Erstes Industriepatent für SLA durch Hull

1988
3D-Systems verkauft ersten Rapid Prototyping Drucker (SLA-1)



1995
Zcorp präsentiert 3D-Druck auf Basis des Tintenstrahl drucks (MIT-Patent)

1980
Erstes „Patent“ durch Kodama für „Rapid Prototyping“

1983
Hull erfindet erste SLA Maschine

1987
Deckard reicht Patent für SLS ein - Übernahme von DTM - später Kauf durch 3D-Systems

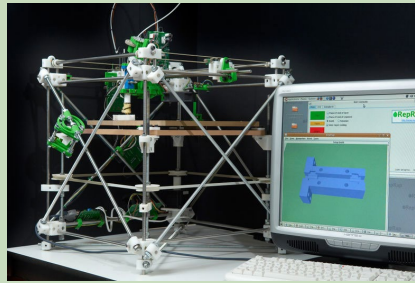
1989
Entwicklung des FDM-Verfahrens (Stratasys) / Gründung eos GmbH in Deutschland

Geschichte



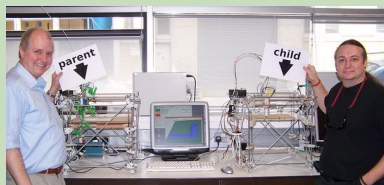
2008

Erster 3D-Drucker („Darwin“) der mit Hilfe des RepRap-Konzepts entwickelt wurde kommt auf den Markt



2013
Stratasys kauft Makerbot auf

1999
Erstes 3D-gedrucktes Organ (Harnblase)



2005
Bowyer entwickelt RepRap open-source Konzept für einen selbst-replizierenden 3D-Drucker

"[RepRap] has been called the invention that will bring down global capitalism, start a second industrial revolution and save the environment..."

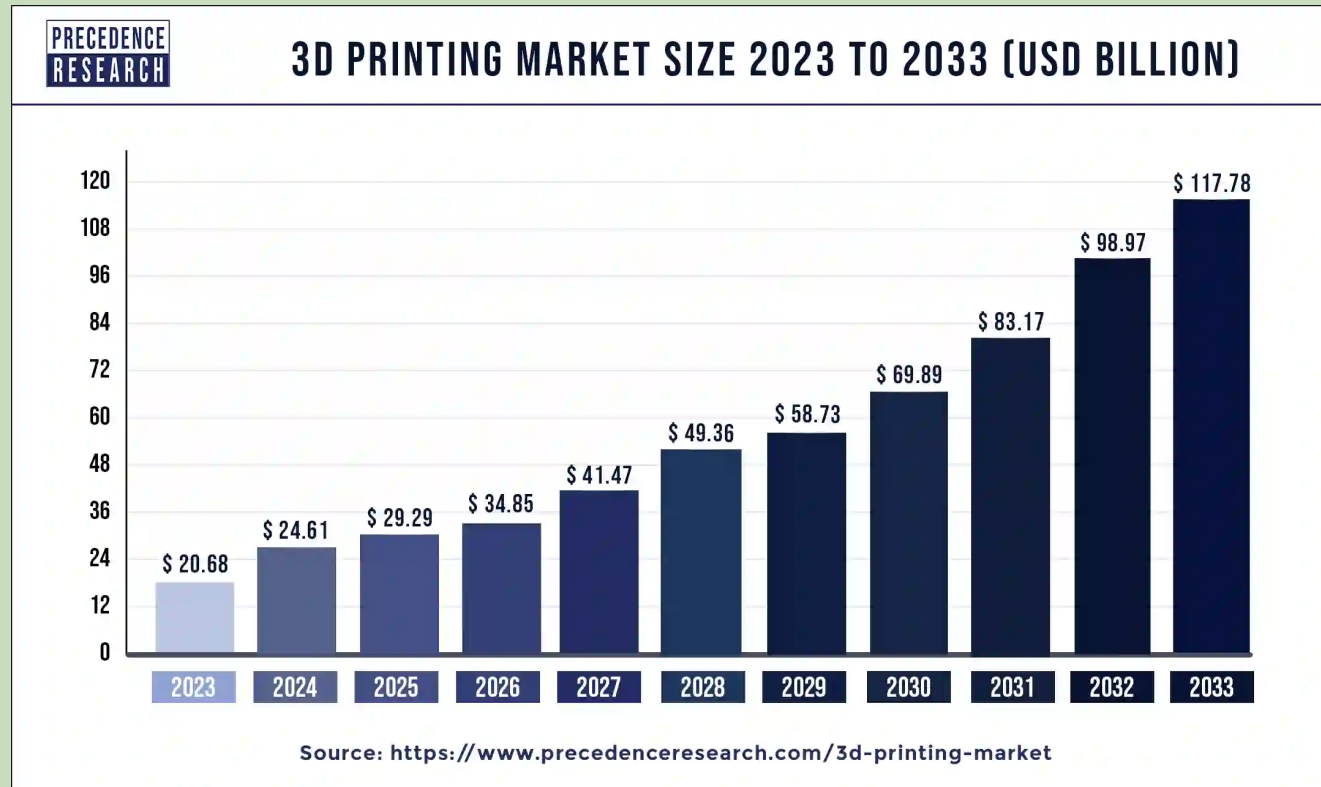
2009
FDM Patent läuft aus / Makerbot bringt DIY-Kits auf den Markt und bringt Thingiverse ins Leben

2015
Cellink bring Bio-Ink (Algen) und Bioprinter auf den Markt





Die Größe des globalen 3D-Druckmarktes lag 2023 bei 20,68 Mrd. USD, 2024 bei 24,61 Mrd. USD und wird bis 2033 voraussichtlich 117,78 Mrd. USD erreichen, mit einer CAGR von 19% von 2024 bis 2033.



Die zunehmenden Fortschritte in Technologien wie

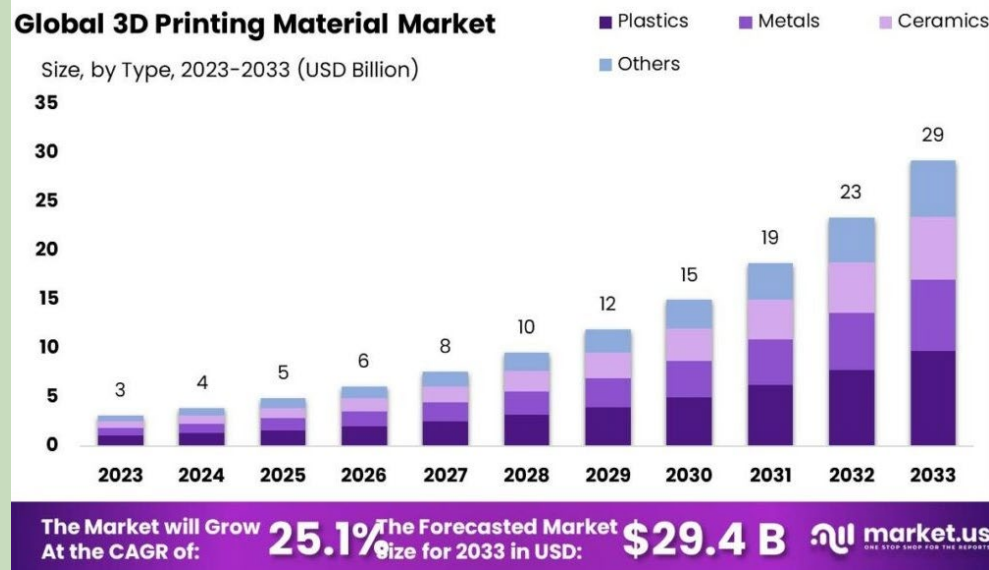
- KI
- Machine Learning
- Automatisierung
- Effiziente Produktion

wirken sich positiv auf den 3D-Druck-Markt aus.







Wachstum



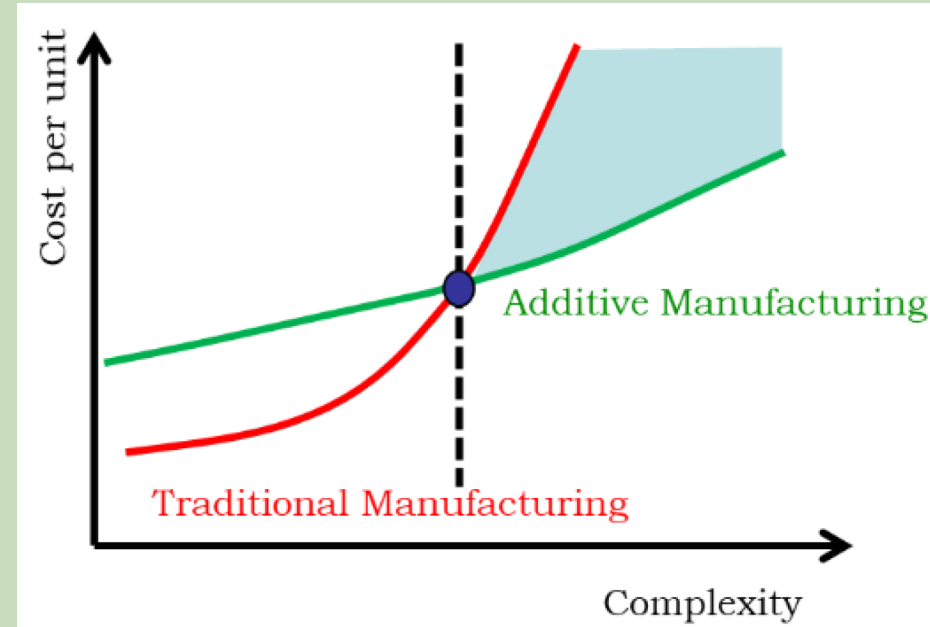
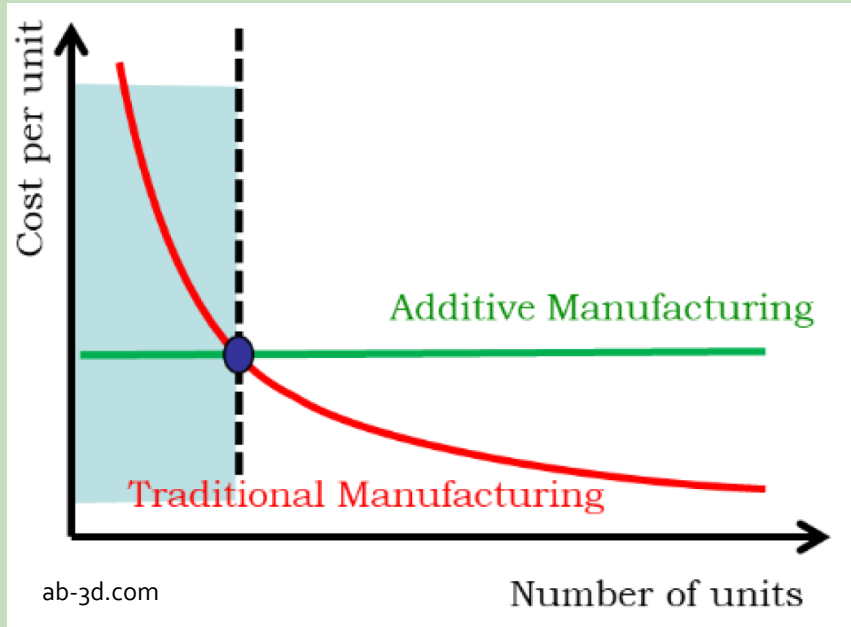
Wachstum in allen Typen an 3D-Druck Materialien



Wachstum der Anwendungsbereiche

	 Research and Development	 Prototyping	 Jigs, Fixtures and Tooling	 Bridge Production	 Production Parts	 Repair and Maintenance
2017	-	69%	30%	23%	27%	14%
2019	53%	66%	37%	39%	52%	38%
2021	73%	72%	57%	56%	62%	46%

Vergleich zu konventionell



Inhalt



- Was ist Additive Fertigung und Schritte der additiven Fertigung
- Geschichte und Wirtschaftliche Betrachtung
- Typen von AM Verfahren mit Fokus auf Polymere/Kunststoffe

Additive Fertigung


→ Schichtweise Herstellung von Produkten durch Aufbringen von Material

- Hohe Designfreiheit - komplexe Geometrien
- Geringe Materialverschwendung - nur so viel Material wie benötigt
- Geeignet u.a. für die Herstellung von Prototypen und Kleinserien und personalisierten Gegenständen
- Leichtbauwerkzeuge
- Integrierte Funktionalität



ADMIRE

Geschichte



1980: Erstes „Patent“ durch Kodama für „Rapid Prototyping“

1986: Erstes Industriepatent für SLA durch Hull

1988: 3D-Systeme verkauft, erstes Rapid Prototyping Drucker (SLA-1)

1989: Hull erfindet erste SLA-Maschine

1989: Deckard reicht Patent für SLS ein - Übernahme von DTM - später Kauf durch 3D-Systeme


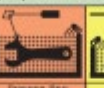





1995: Zcorp präsentiert 3D-Druck auf Basis des Tintenstrahl drucks (MIT-Patent)

1989: Entwicklung des FDM-Verfahrens (Stratasys) / Gründung eos GmbH in Deutschland

ADMIRE

AM Verfahren im Überblick

Einteilung in 7 Familien nach ISO/ASTM 52900

1. Powder Bed Fusion (PBF)	2. Directed Energy Deposition (DED)	3. Material Jetting (MJ)	4. Sheet Metal Fabrication (SMF)
 Additive Manufacturing (AM) - Powder Bed Fusion (PBF) • 3D-Druckverfahren, bei dem ein Pulverbett schichtweise durch Laserstrahlung (SLA) oder Elektronenstrahl (EBF) verschmolzen wird. • Geeignet für Metalle, Keramiken und Kunststoffe. • Hohe Präzision und hohe mechanische Eigenschaften.	 Additive Manufacturing (AM) - Directed Energy Deposition (DED) • 3D-Druckverfahren, bei dem Material durch einen Düsenkopf aufgetragen und gleichzeitig durch Laserstrahlung (SLA) oder Elektronenstrahl (EBF) verschmolzen wird. • Geeignet für Metalle, Keramiken und Kunststoffe. • Hohe Präzision und hohe mechanische Eigenschaften.	 Additive Manufacturing (AM) - Material Jetting (MJ) • 3D-Druckverfahren, bei dem Material durch Düsen aufgetragen und durch UV-Licht (SLA) oder Elektronenstrahl (EBF) getrocknet wird. • Geeignet für Kunststoffe, Metalle und Keramiken. • Hohe Präzision und hohe mechanische Eigenschaften.	 Additive Manufacturing (AM) - Sheet Metal Fabrication (SMF) • 3D-Druckverfahren, bei dem Material durch Düsen aufgetragen und durch UV-Licht (SLA) oder Elektronenstrahl (EBF) getrocknet wird. • Geeignet für Metalle, Keramiken und Kunststoffe. • Hohe Präzision und hohe mechanische Eigenschaften.
5. Laser Powder Bed Fusion (LPBF)	6. Laser Powder Bed Fusion (LPBF)	7. Laser Powder Bed Fusion (LPBF)	
 Additive Manufacturing (AM) - Laser Powder Bed Fusion (LPBF) • 3D-Druckverfahren, bei dem ein Pulverbett schichtweise durch Laserstrahlung (SLA) verschmolzen wird. • Geeignet für Metalle, Keramiken und Kunststoffe. • Hohe Präzision und hohe mechanische Eigenschaften.	 Additive Manufacturing (AM) - Laser Powder Bed Fusion (LPBF) • 3D-Druckverfahren, bei dem ein Pulverbett schichtweise durch Laserstrahlung (SLA) verschmolzen wird. • Geeignet für Metalle, Keramiken und Kunststoffe. • Hohe Präzision und hohe mechanische Eigenschaften.	 Additive Manufacturing (AM) - Laser Powder Bed Fusion (LPBF) • 3D-Druckverfahren, bei dem ein Pulverbett schichtweise durch Laserstrahlung (SLA) verschmolzen wird. • Geeignet für Metalle, Keramiken und Kunststoffe. • Hohe Präzision und hohe mechanische Eigenschaften.	

ADMIRE

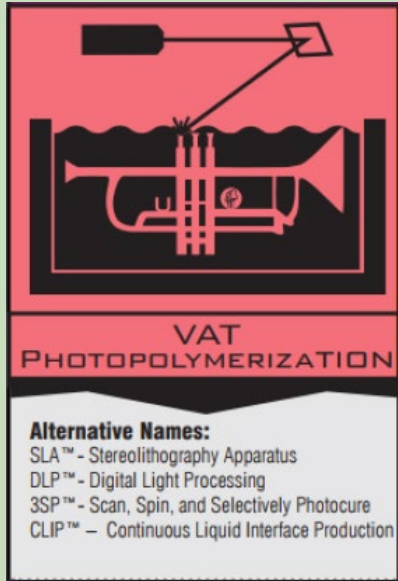


Einteilung in 7 Familien nach ISO/ASTM 52900

<p>VAT PHOTOPOLYMERIZATION</p>	<p>POWDER BED FUSION (PBF)</p>	<p>BINDER JETTING</p>	<p>MATERIAL JETTING</p>
<p>Alternative Names: SLA™ - Stereolithography Apparatus DLP™ - Digital Light Processing 3SP™ - Scan, Spin, and Selectively Photocure CLIP™ - Continuous Liquid Interface Production</p>	<p>Alternative Names: SLS™ - Selective Laser Sintering; DMLS™ - Direct Metal Laser Sintering; SLM™ - Selective Laser Melting; EBM™ - Electron Beam Melting; SHS™ - Selective Heat Sintering; MJF™ - Multi-Jet Fusion</p>	<p>Alternative Names: 3DP™ - 3D Printing ExOne Voxeljet</p>	<p>Alternative Names: Polyjet™ SCP™ - Smooth Curvatures Printing MJM - Multi-Jet Modeling Projet™</p>
<p>SHEET LAMINATION</p>	<p>MATERIAL EXTRUSION</p>	<p>DIRECTED ENERGY DEPOSITION (DED)</p>	
<p>Alternative Names: LOM - Laminated Object Manufacture SDL - Selective Deposition Lamination UAM - Ultrasonic Additive Manufacturing</p>	<p>Alternative Names: FFF - Fused Filament Fabrication FDM™ - Fused Deposition Modeling</p>	<p>Alternative Names: LMD - Laser Metal Deposition LENS™ - Laser Engineered Net Shaping DMD™ - Direct Metal Deposition</p>	

Image courtesy of Hybrid Manufacturing Technologies

VAT Photopolymerisation



Aushärtung eines Photopolymerharzes in einem Behälter (VAT) mit Hilfe einer Lichtquelle

Materialien:

- Acrylate
- Epoxide
- Vinylether

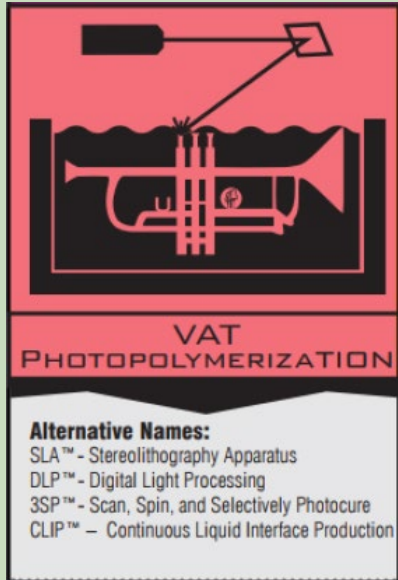
Vorteile:

- Hoher Präzision und glatte Oberfläche
- Relativ hohe Geschwindigkeit

Nachteile:

- Beschränkte Materialauswahl
- Materialien sind schwer zu recyceln, meist toxisch und relativ teuer
- Nachbearbeitung notwendig (Härten, Entfernung von Stützstrukturen, etc.)

VAT Photopolymerisation



Wichtigste Parameter:

- Belichtungszeit
- Schichtdicke
- Intensität des verwendeten Lichts
- Materialwahl
- Design der Stützstrukturen

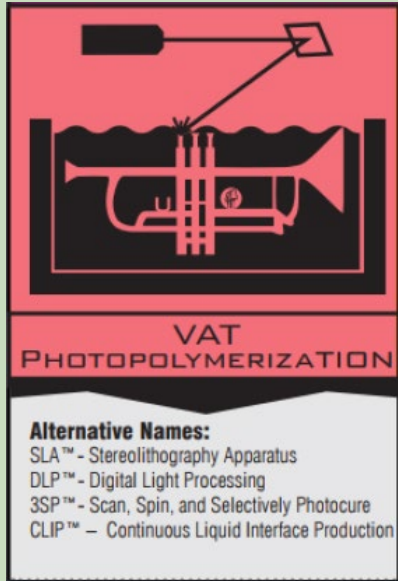
Global Players:

- Formlabs
- 3D Systems
- Stratasys
- Carbon

Anwendungsbeispiele:

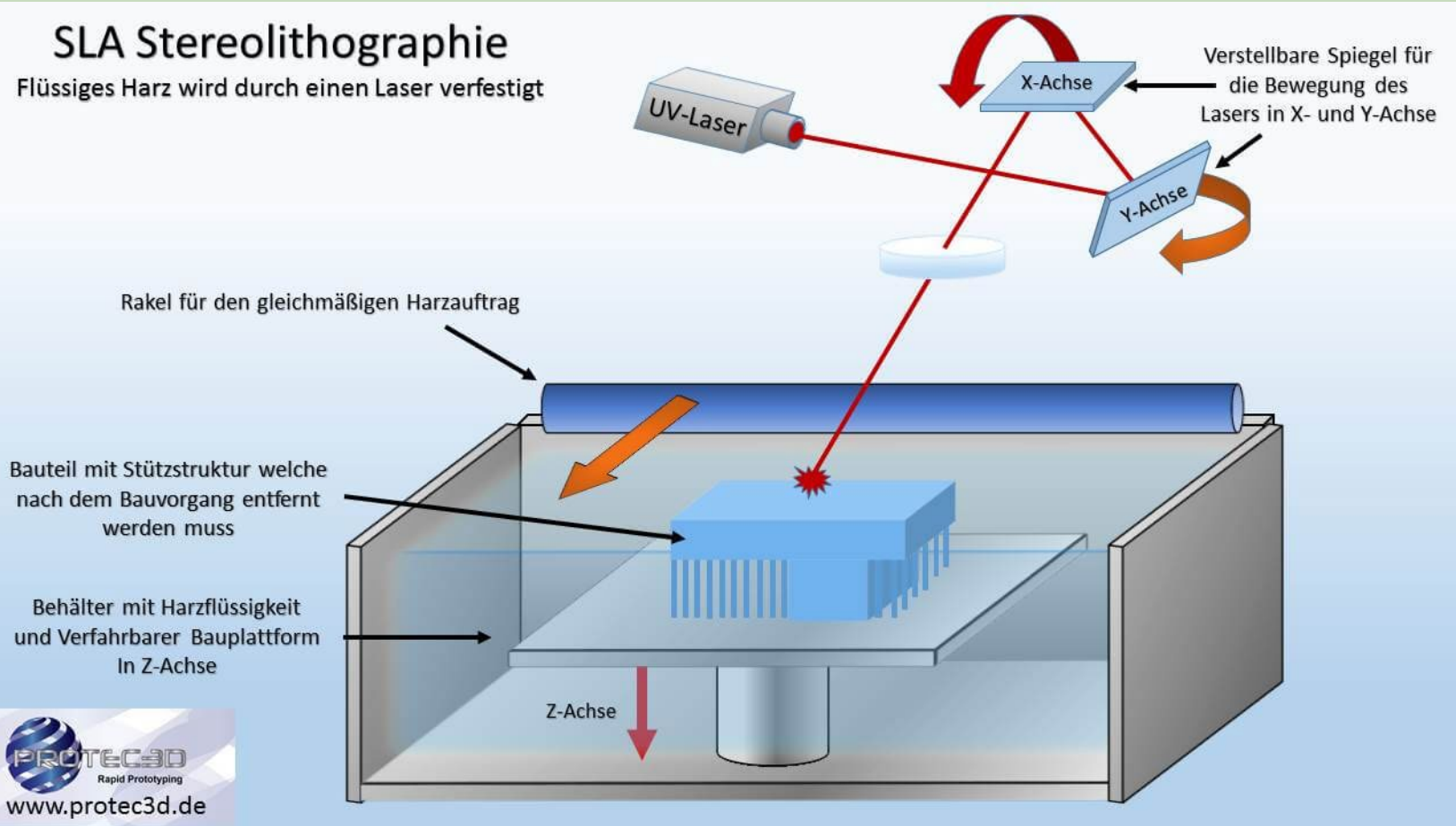
- Schmuck
- Medizinische Modelle

VAT Photopolymerisation



Stereolithographie (SLA™)

SLA Stereolithographie
Flüssiges Harz wird durch einen Laser verfestigt



Pulverbettfusion



Pulverbett aus Metall- oder Kunststoffmaterialien wird schichtweise aufgetragen und dann mit Energiequelle verschmolzen

Materialien:

- Metalle
- Polymere (v.a. Polyamid, PA)
- Polymerbeschichtete Keramiken

Vorteile:

- Breite Palette an verfügbaren Materialien
- Hohe Präzision und Wiederholbarkeit
- Pulver, das nicht verschmolzen wird, kann recycelt werden
- Kürzere Produktionszeiten

Nachteile:

- Anschaffung und Betriebskosten sowie Materialkosten hoch
- Oberflächenrauheit erfordert oft Nachbearbeitung

Pulverbettfusion



Wichtigste Parameter:

- Lasereinstellungen (Leistung, Geschwindigkeit)
- Schichtdicke
- Pulverdichte
- Temperaturkontrolle

Global Players:

- EOS
- SLM Solutions
- 3D Systems

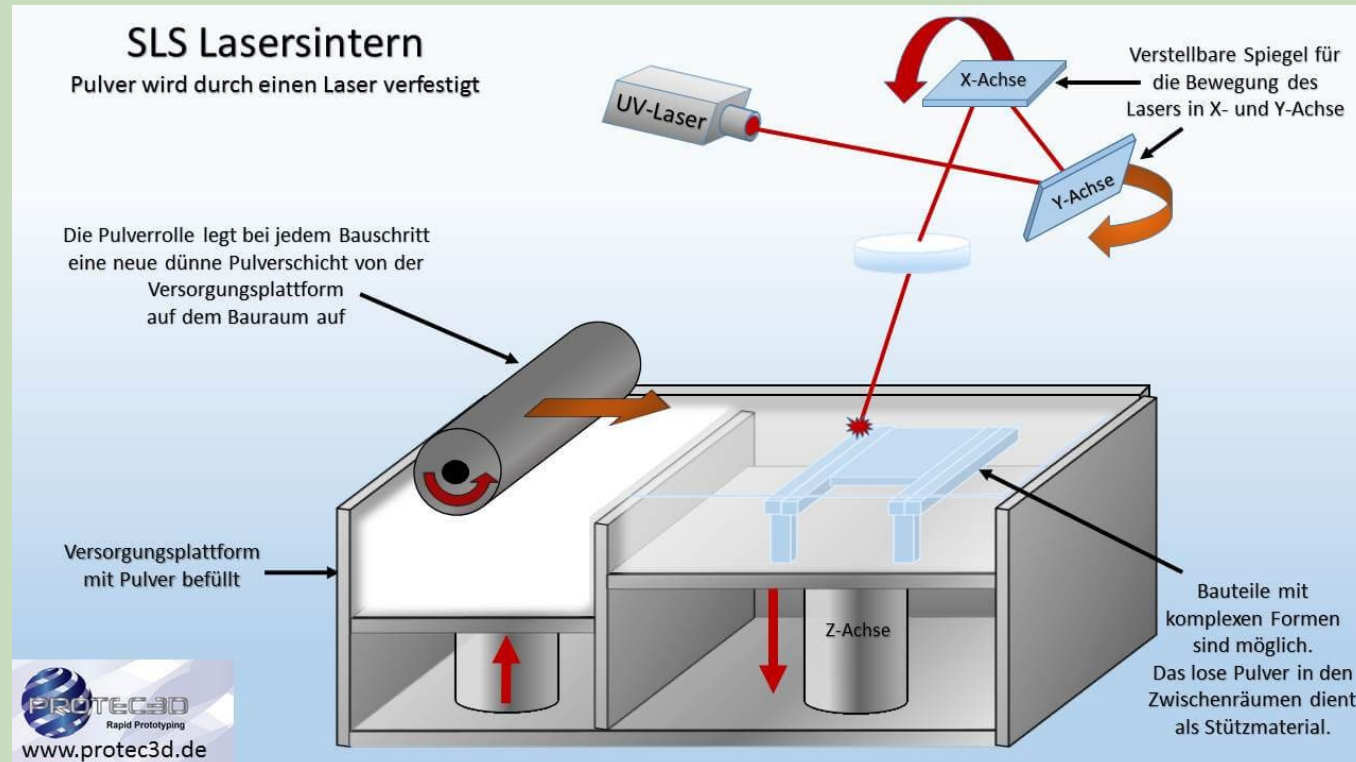
Anwendungsbeispiele:

- Herstellung von komplexen, leichten Teilen für die Luft- und Raumfahrt (z.B. Triebwerkskomponenten und Strukturteilen)
- Kundenspezifischen Implantate, Prothesen und chirurgische Instrumente
- Herstellung von Gehäusen, Kühlkörpern und anderen elektronischen Komponenten

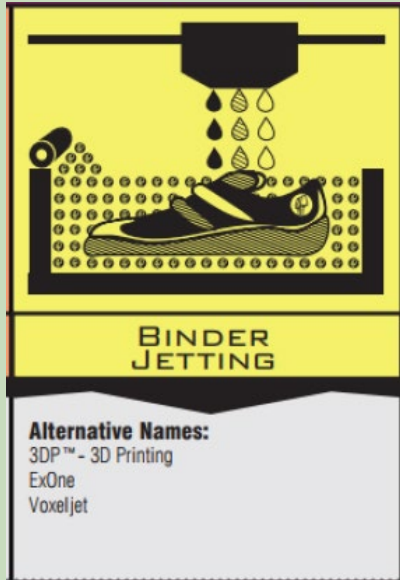
Pulverbettfusion



Selektives Laser-Sintern (SLS)



Binder Jetting



Pulverbett aus Metall, Kunststoff oder Keramik wird schichtweise aufgetragen und Druckkopf setzt Binder selektiv auf das Pulver, um die Partikel miteinander zu verkleben

Materialien:

- Metalle und Keramiken
- Glass und Sand
- Polymere

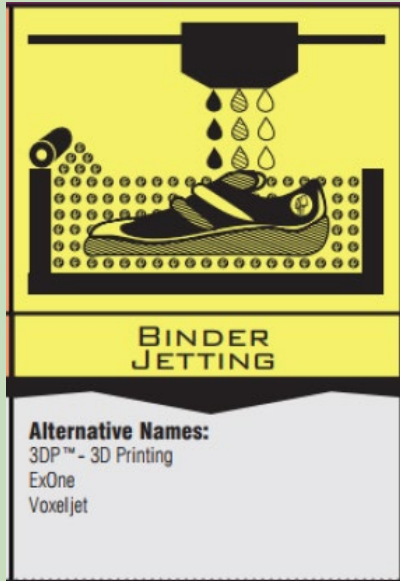
Vorteile:

- Mehrfarbige Teile möglich
- Hohe Produktivität und Materialvielfalt
- Keine Stützstrukturen erforderlich

Nachteile:

- Nachbearbeitung notwendig

Binder Jetting



Wichtigste Parameter:

- Binderzusammensetzung
- Schichtdicke
- Binderdruckgeschwindigkeit
- Pulverdichte
- Sintertemperatur (falls erforderlich)

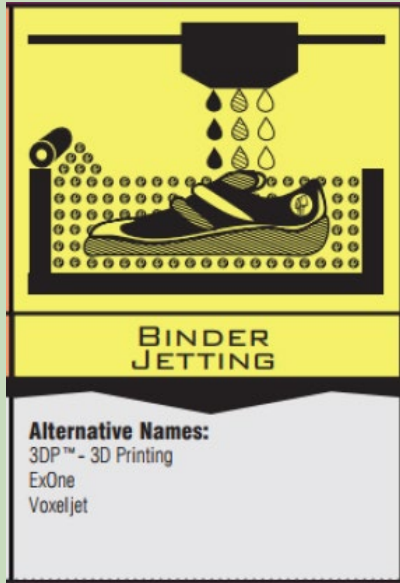
Global Players:

- HP
- Voxeljet
- Desktop Metal
- GE Additive

Anwendungsbeispiele:

- Herstellung von Sandformen und -kernen für den Metallguss
- Produktion von keramischen Bauteilen für Elektronik, Medizin und Luft- und Raumfahrt

Binder Jetting



3D-Druck (3DP™)

3DP Pulverdrucken

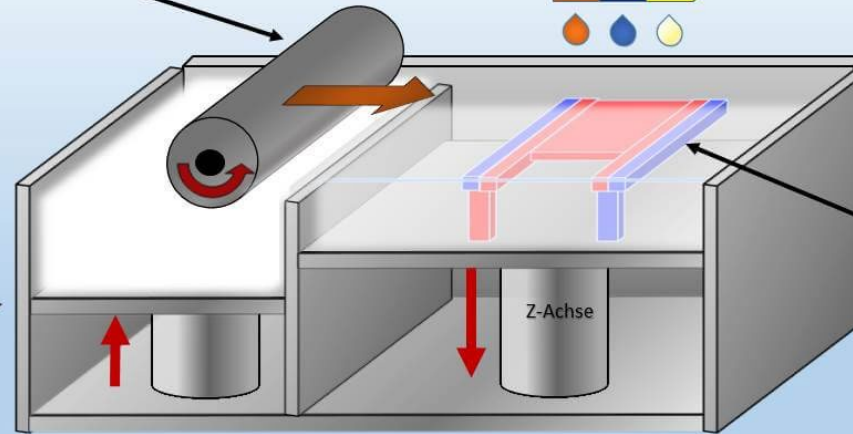
Pulver wird durch Bindemittel verfestigt

Die Pulverrolle legt bei jedem Bauschritt eine neue dünne Pulverschicht von der Versorgungsplattform auf dem Bauraum auf

Versorgungsplattform mit Pulver befüllt



Wie bei einem Tintenstrahldrucker wird eingefärbte Flüssigkeit aufgespritzt. Das Pulver welches mit dem Bindemittel in Kontakt kommt, verfestigt sich dadurch.



Farbige Bauteile mit komplexen Formen sind möglich. Das lose Pulver in den Zwischenräumen dient als Stützmaterial.

Material Extrusion



Material wird selektiv durch eine Düse oder Öffnung extrudiert

Materialien:

- Thermoplastische Pellets oder Filamente
- Hochgefüllten Druckfarben mit hoher Viskosität

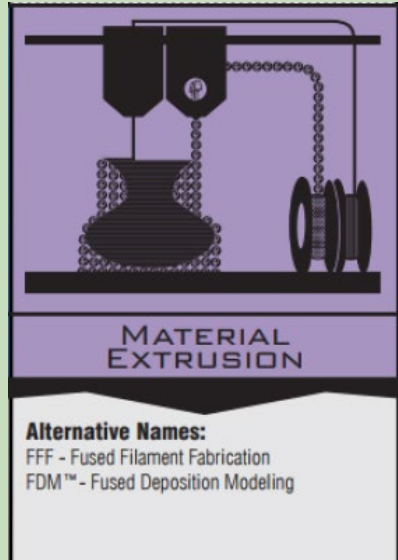
Vorteile:

- Materialien und Maschinen relativ günstig
- Breite Materialauswahl
- Einfachheit und Zugänglichkeit
- Multi-Material möglich

Nachteile:

- Sichtbaren Schichten auf der Oberfläche
- Eingeschränkte Detailgenauigkeit
- Längere Druckzeiten

Material Extrusion



Wichtigste Parameter:

- Drucktemperatur
- Druckgeschwindigkeit
- Schichthöhe
- Bauplattform- und Bauraumtemperatur

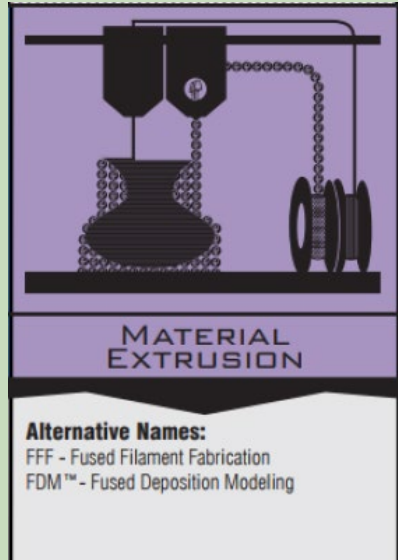
Global Players:

- Stratasys
- Ultimaker
- Prusa Research

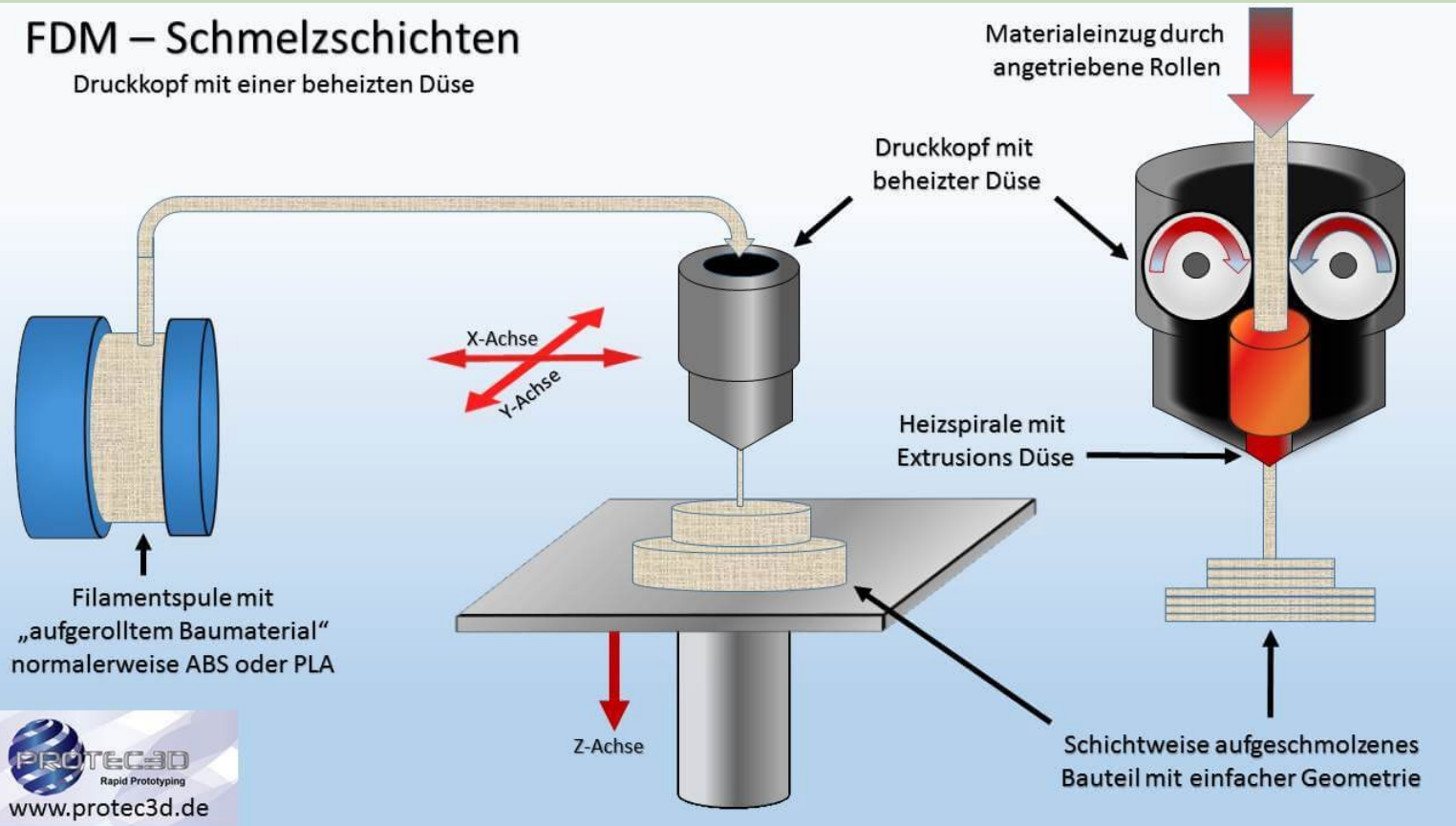
Anwendungsbeispiele:

- Prototypenbau
- Herstellung von maßgeschneiderten Bauteilen und Gehäusen
- Häufig für Bildungszwecke eingesetzt
- Fertigung von Konzeptmodellen

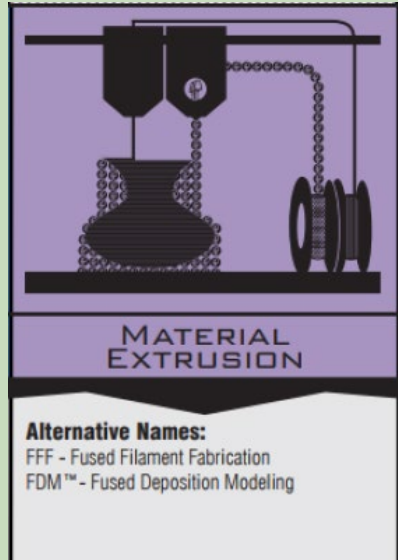
Material Extrusion



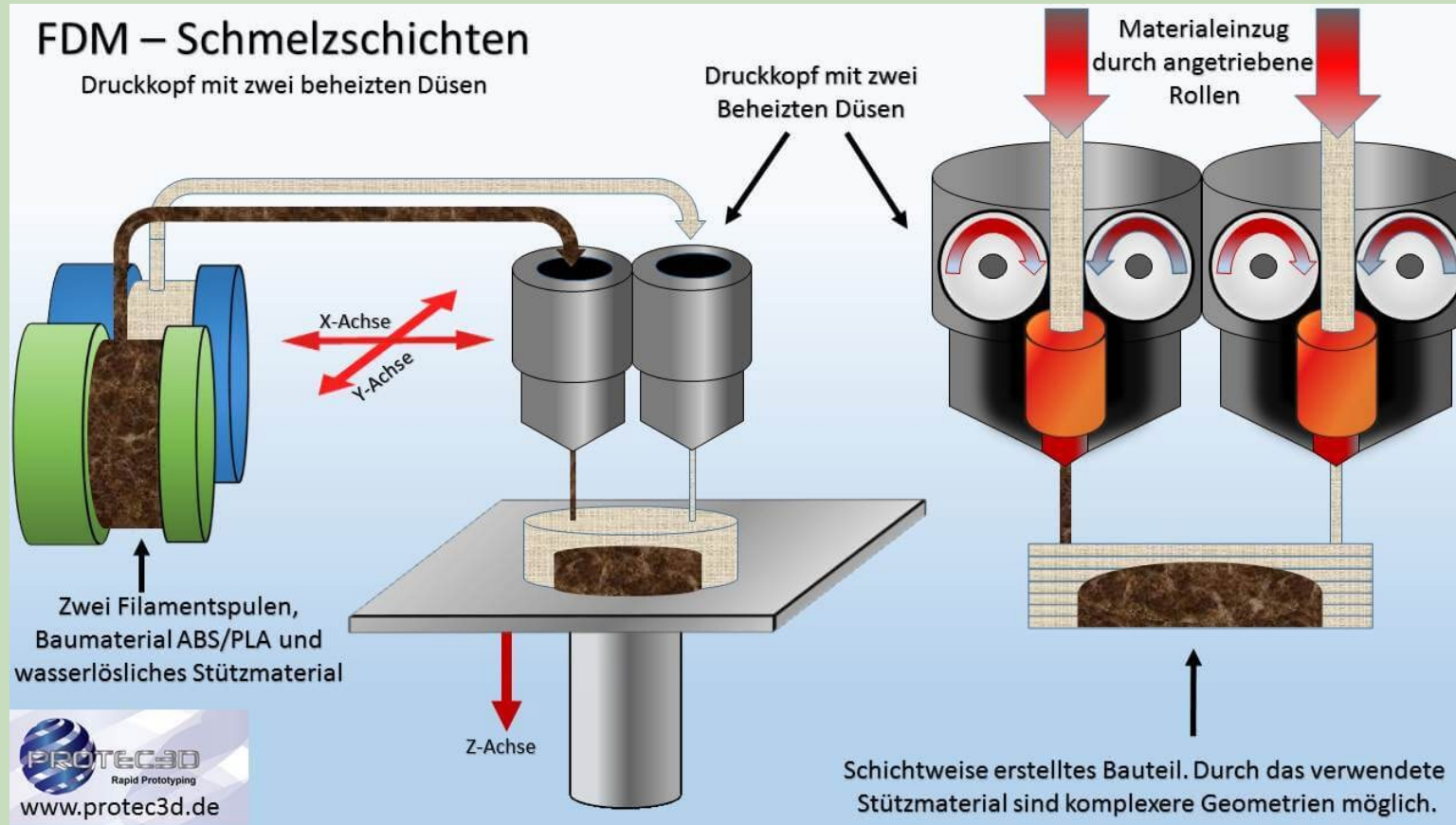
Fused Filament Fabrication (FFF) / Fused Deposition Modelling (FDM™)



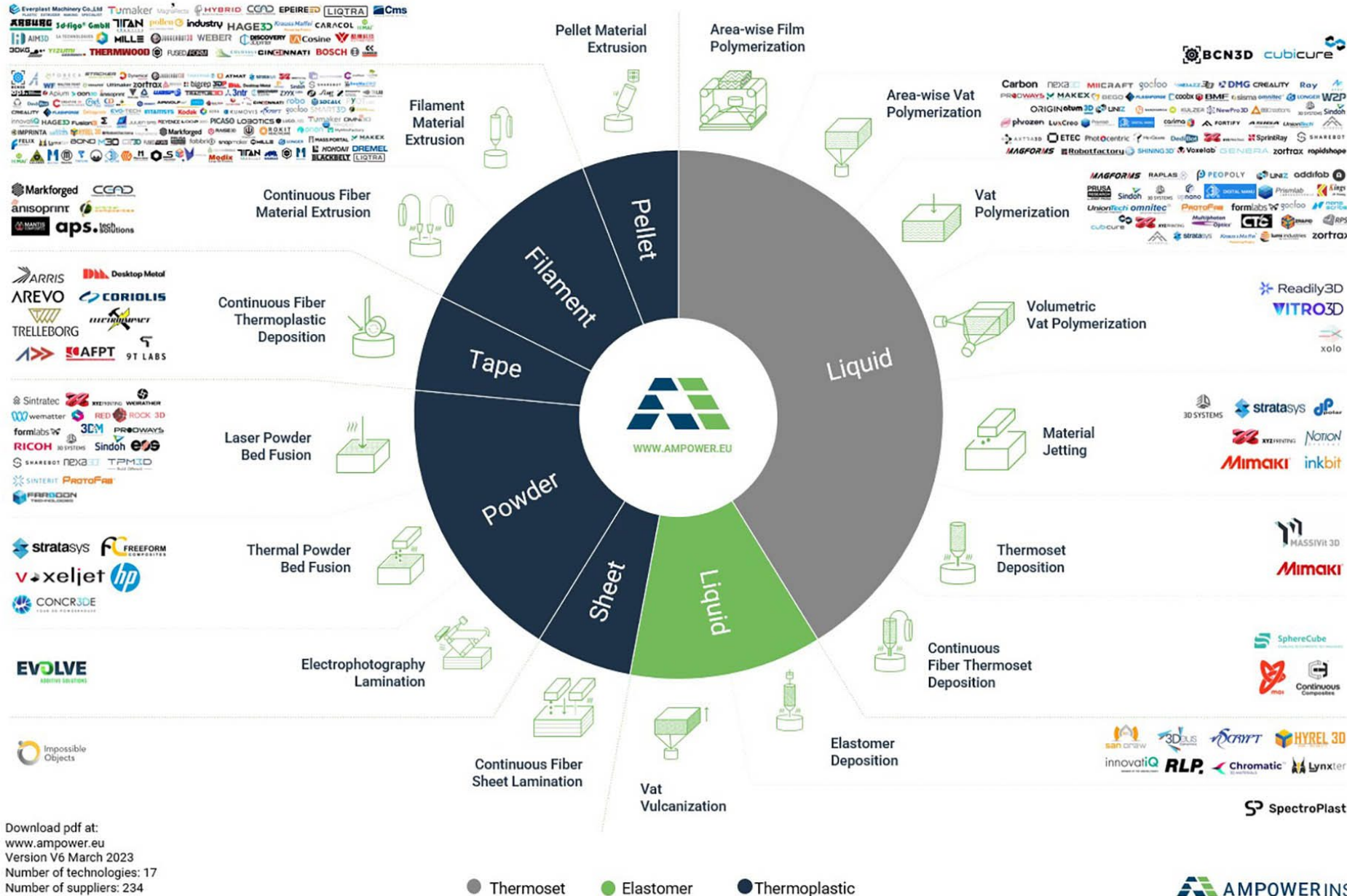
Material Extrusion



Fused Filament Fabrication (FFF) / Fused Deposition Modelling (FDM™)



Polymer Additive Manufacturing technology landscape



Download pdf at:
www.ampower.eu
 Version V6 March 2023
 Number of technologies: 17
 Number of suppliers: 234



DANKE

Kunststoff 3D-Druck: Effiziente Lösungen für moderne Fertigung - Teil 2



Sandra Schulnig & Marius Laux

25.02.2025



© FH Kärnten, ADMiRE Research Center



Von – bis	Inhalte	Vortragende/r
13:00 – 14:00	Theoretischer Teil: <ul style="list-style-type: none">• Warum Additive Fertigung? Geschichte, Trends, Märkte und Beweggründe für die Einführung des 3D-Drucks• Einführung in den Kunststoff 3D-Druck: Materialien, Verfahren und jeweilige Vor-/Nachteile	Sandra Schulnig (Senior Researcher, ADMiRE Research Center, FH Kärnten)
14:00 – 14:20	Pause	
14:20 – 15:00	Praktischer Teil: <ul style="list-style-type: none">• Anschauungsbeispiele – Was kann ich mittels FDM 3D-Druck herstellen• 3D-Druck von Bauteilen vor Ort• Wie setze ich Kunststoff 3D-Druck in meinem eigenen Betrieb um?	Marius Laux (Researcher, ADMiRE Research Center, FH Kärnten)

Inhalt



- Anschauungsbeispiele – Was kann ich mittels FDM 3D-Druck herstellen
- 3D-Druck von Bauteilen vor Ort
- Wie setze ich Kunststoff 3D-Druck in meinem eigenen Betrieb um?

FDM Drucker Auszug



Prusa MK4S MMU3 Enclosure Bundle – 1809 €
Bauvolumen: 250 x 210 x 220



Bambulab X1C Combo – 1259 €
Bauvolumen: 256 x 256 x 256

Ultimaker S3 – 3950 €
Bauvolumen: 230 x 190 x 200



FDM Drucker Auszug



Stratasys F170 – 25000 €

Bauvolumen: 254 x 254 x 254

Einstellmöglichkeiten im Slicer begrenzt

Filamente und Slicer von Stratasys muss verwendet werden

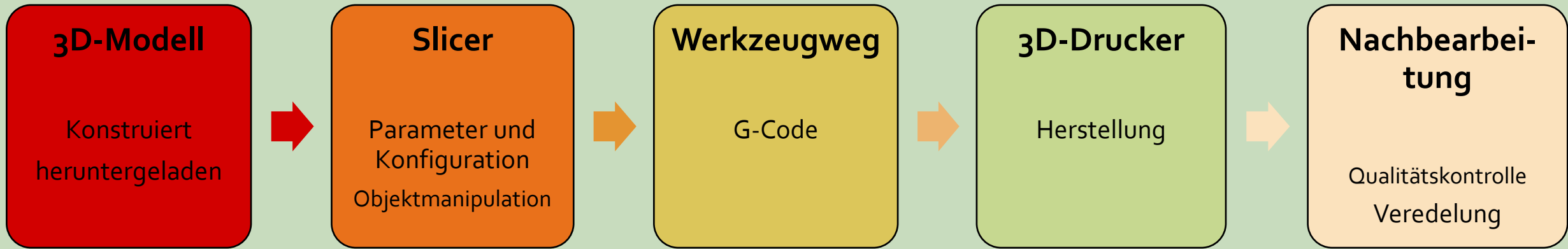


Evo-tec EL-40 – 27467 €

Bauvolumen: 400 x 260 x 400

Offenes System

Druckablauf



Düsendurchmesser: 0,25 mm bis 1,00 mm

Maximale Schichthöhe = 0,75 * Düsendurchmesser

Minimale Schichthöhe = 0,25 * Düsendurchmesser



Material Übersicht



FDM Filamente: Ein sich ständig weiterentwickelnder Markt

























Vielfalt der Materialien

Innovationen und Zukunftstrends

Preis- und Markttrends

Möglichkeit zum Vergleich von Filamenten bei Bambu Lab

[3D Printer Filament Comparison Guide | Bambu Lab](#)

 	 	  10% OFF	  15% OFF
PLA-CF From €35,99 EUR	PETG-CF From €35,99 EUR	PAHT-CF From €48,59 EUR - €53,99 EUR-	PA6-CF From €38,24 EUR - €44,99 EUR-
			
  10% OFF	 	  5% OFF	  5% OFF
PET-CF From €44,09 EUR - €48,99 EUR-	PA6-GF €56,69 EUR - €62,99 EUR-	ABS-GF €30,39 EUR - €31,99 EUR-	ASA-CF €37,04 EUR - €38,99 EUR-
			



Verwendung unterschiedlicher Druck Oberflächen

- Glas
- Kunststoff Druckbett (Stratasys F170)
- Flexible Stahlbleche mit verschiedenen Beschichtungen und Strukturen
- 3D Effekt Druckbett





Reinigen der Druckfläche

- Reste vom vorherigen Druck entfernen
- Reinigen – mit Glasreiniger oder Isopropanol



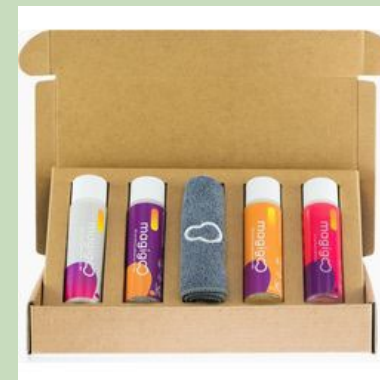
Vorbereitung der Druckfläche

- Blue-Tape, Kapton Klebeband
- Klebestift, Haftstift und Haftspray



Bauteil vom Druckbett entfernen

- Spachtel als Hilfsmittel verwenden
- Druckbett nicht zerkratzen
- Druckbett abkühlen lassen zum leichteren entfernen





Support Material entfernen

- Gleiches Material
- PVA - Polyvinylalkohol (Wasserlöslich)
- Ultimaker Breakaway (Stützmaterial)

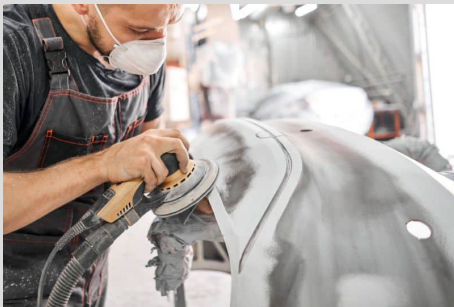
PLA und PETG haften nicht aufeinander und sind eine preiswerte alternative zu Breakaway





Subtraktive Nachbearbeitung

Material von der Werkstückoberfläche entfernt wird, um diese gleichmäßiger und glatter zu machen



Additive Nachbearbeitung

Wird zusätzliches Material direkt auf gedruckte Bauteile aufgebracht



Veränderung der Stoffeigenschaft

Durch Material-Verlagerung werden die Moleküle eines 3D-Drucks umverteilt. Durch thermische und chemische Behandlungen werden glattere und festere Bauteile erreicht



DANKE